

E-12 : 터널공사 표준안전작업지침 - NATM공법

고 시 명 : 터널공사 표준안전작업지침 - NATM공법

고시번호 : 고시 제1994-25호

고시일자 : 1994년 06월 18일

제정 1994. 6.18. 고시 제1994-25호

제 1 장 총 칙

제1조(목적)

이 지침은 산업안전보건법(이하 "법"이라 한다) 제27조의 규정에 의하여 터널공사중 NATM(무지보공 터널굴착)공사 재해방지를 위한 작업상의 안전지침에 관하여 규정한다.

제2조(용어의 정의)

이 지침에 사용하는 용어의 정의는 이 지침에서 정하는 것과 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 법, 동법시행령(이하 "령"이라 한다), 동법 시행규칙(이하 "시행규칙"이라 한다) 및 산업안전기준에 관한 규칙 (이하 "안전규칙"이라 한다)이 정하는 바에 의한다.

제 2 장 지반의 조사

제3조(지반조사의 확인) 사업주는 지질 및 지층에 관한 조사를 실시하고 다음 각호의 사항을 확인하여야 한다.

1. 시추(보어링) 위치
2. 토층분포상태
3. 투수계수
4. 지하수위
5. 지반의 지지력

제4조(추가조사)

사업주는 설계도서의 시추결과표 및 주상도 등에 명시된 시추공 이외에 중요구조물의 축조, 인접구조물의 지반상태 및 위험지장물 등 상세한 지반.지층 상황을 사전에 조사하여야 하며 필요시 발주자와 협의한 다음 추가시추 조사를 실시하여야 한다.

제5조(지반보강)

사업주는 작업구, 환기구 등 수직갱 굴착계획구간의 연약지층.지반을 정밀 조사하여야 하며 필요시 발주자와 협의한 다음 지반보강말뚝공법, 지반고결공법, 그라우팅 등의 보강

조치를 취하여 굴착중 발생하는 붕괴에 대비하여 안전한 공법을 계획하여야 한다.

제 3 장 발파 및 굴착

제6조(일반사항)

- ①설계 및 시방에서 정한 발파기준을 준수하여야 하며 이 때에는 발파방식, 천공길이, 천공직경, 천공각도, 화약의 종류, 장약량 등을 준수하여 과다발파에 의한 모암손실, 과다여굴, 부석에 의한 붕괴.붕락을 예방하여야 한다.
- ②발파대상 구간의 막장암반상태를 사전에 면밀히 확인하여 발파시장에 적합한 암질여부를 판단하여야 한다.
- ③연약암질 및 토사층인 경우에는 발파를 중지하고 다음 각 호에 대한 검토를 하여야 한다.
 1. 발파시방의 변경조치
 2. 암반의 암질판별
 3. 암반지층의 지지력 보강공급
 4. 발파 및 굴착 공법변경
 5. 시험발파 실시
- ④암질판별 방식은 다음 <표1>을 준용한다.

표 1. 암질의 분류

시험방법 암질의분류	R.Q.D (%)	R.M.R (%)	일축압축강도 (kgf/cm ²)	탄성과 속도 (km/sec)
풍 화 암	<50	<40	<125	<1.2
연 암	50~70	40~60	125~400	1.2~2.5
보 통 암	70~85	60~80	400~800	2.5~3.5
경 암	>85	>80	>800	>3.5

- ⑤발파구간 인접구조물에 대한 피해 및 손상을 예방하기 위한 발파허용 진동치는 다음 <표2>를 준용한다.

표 2. 발파 허용진동치

건물분류	문화재	주택 아파트	상가	철골콘크리트 빌딩 및 상가
건물기초에서의 허용진동치 (cm/sec)	0.2	0.5	1.0	1.0~4.0

* 기존 구조물에 금이 가 있거나 노후구조물 등에 대하여는 <표2>의 기준을 실정에 따라 허용범위를 하향 조정하여야 한다.

⑥ 암질의 변화구간 및 발파시방 변경시에는 발파전 폭력, 폭속, 발파 영향력 등의 조사목적으로 시험발파를 실시하여야 하며 시험발파후 암질판별을 기준으로 하여 발파방식, 표준시방 등의 계획을 재수립하여야 한다.

⑦ 철도, 기존 지하철도, 고속도로, 건축구조물 등 기존 구조물의 하부지반 통과구간의 굴착은 관계법령을 준수하여야 하며 다음 각호를 사전에 확인하여야 한다.

1. 발파의 경우 시험발파에 의한 진동영향력에 대하여 정밀검토를 하여야 하며 상부 구조물의 진동의 영향이 없는 범위내에서 발파를 시행하여야 한다.

2. 발파의 경우에는 발파시방을 준수하여야 하며 풍화암반 등 연약암반 및 토층구간은 발파를 중지하고 수직, 수평보오링 등 정밀조사를 실시한 후 암질판별에 의한 굴착시방을 변경하여야 하며 다음 각 목에 대한 보강공법을 검토한 후 발주처와 협의에 의한 시공계획을 수립하여야 한다.

가. 무진공 파쇄공법

나. 쉘드공법

다. 언더피닝 및 파이프 루핑공법

라. 포아폴링공법

마. 프리그라우팅공법

바. 국부미진동 소할발파

3. 언더피닝 및 파이프루핑 보강의 경우 다음 각 목에 대하여 계획을 수립하여야 하며 시공중 안전상태를 확인하여야 한다.

가. 보강구간의 정밀토층, 지하매설물 등의 사전검토를 실시하여야 한다.

나. 지반지지력구조 계산시 통과차량, 지진 등에 대한 충분한 안전율을 적용하여야 한다.

다. 강제 지보구간의 경우 취성과파괴에 대한 사전예방대책 및 불팅구조의 접합부에 대한 구조 상세 계획을 수립하여야 한다.

라. 재크의 시험성과 합격품목 여부 및 마모, 작동 등의 이상유무를 확인하여야 한다.

마. 언더피닝구간 등의 가설구조는 응력계, 침하계, 수위계에 의한 주기적 분석의 변위 허용기준을 설정하여야 한다.

바. 언더피닝구간 등의 토사굴착은 사전에 단계별 순서와 토량을 정확하게 산정하여야 한다.

사. 기계·장비 굴착에 의한 진동을 최소화하여야 한다.

아. 굴착중 용출수 및 누수상태 발생시 급결제 등의 방수 및 배출수 유도시설을 강구한 후 굴착 및 기타 작업을 실시하여야 한다.

⑧터널내에는 화약이나 유류를 보관하지 않아야 하며 인화물질의 반입을 금지하여야 한다.

⑨작업에 직접적으로 연관되지 않는 차량 및 기타 장비는 터널입구로부터 먼 곳에 주차 및 배치시켜 두어야 한다.

⑩터널 입구에는 안전수칙 표지판을 설치하여야 한다.

제7조(발파작업)

사업주는 발파작업시 다음 각호의 사항을 준수하여야 한다.

1. 발파는 선임된 발파책임자의 지휘에 따라 시행하여야 한다.
2. 발파작업에 대한 특별시방을 준수하여야 한다.
3. 굴착단면 경계면에는 모암에 손상을 주지 않도록 시방에 명기된 정밀 폭약(FINEX I, II)등을 사용하여야 한다.
4. 지질, 암의 절리 등에 따라 화약량을 충분히 검토하여야 하며 시방기준과 대비하여 안전조치를 하여야 한다.
5. 발파책임자는 모든 근로자의 대피를 확인하고 지보공 및 복공에 대하여 필요한 조치의 방호를 한 후 발파하도록 하여야 한다.
6. 발파시 안전한 거리 및 위치에서의 대피가 어려울 때에는 전면과 상부를 견고하게 방호한 임시대피장소를 설치하여야 한다.
7. 화약류를 장전하기 전에 모든 동력선 및 활선은 장진기로부터 분리시키고 조명회선을 포함한 모든 동력선은 발원점으로부터 최소한 15m이상 후방으로 옮겨 놓도록 하여야 한다.
8. 발파용 점화회선은 타동력선 및 조명회선으로부터 분리되어야 한다.
9. 발파전 도화선 연결상태, 저항치 조사 등의 목적으로 도통시험을 실시하여야 하며 발파기 작동상태를 사전 점검하여야 한다.
10. 발파 후에는 충분한 시간이 경과한 후 접근하도록 하여야 하며, 다음 각 목의 조치를 위한 후 다음 단계의 작업을 행하도록 하여야 한다.
 - 가. 유독가스의 유무를 재확인하고 신속히 환풍기, 송풍기 등을 이용 환기시킨다.

- 나. 발파책임자는 발파후 가스배출 완료 즉시 굴착면을 세밀히 조사하여 붕락 가능성의 뜯돌을 제거하여야 하며 용출수 유무를 동시에 확인하여야 한다.
- 다. 발파단면을 세밀히 조사하여 필요에 따라 지보공, 록볼트, 철망, 뿔어붙이기 콘크리트 등으로 보강하여야 한다.
- 라. 불발화약류의 유무를 세밀히 조사하여야 하며 발견시 국부 재발파, 수압에 의한 제거방식 등으로 잔류화약을 처리하여야 한다.

제8조(전기발파)

사업주는 전기발파작업시 다음 각호의 사항을 준수하도록 하여야 한다.

1. 미지전류의 유무에 대하여 확인하고 미지전류가 0.01A 이상일 때에는 전기발파를 하지 않아야 한다.
2. 전기발파기는 충분한 가동이 있는지의 여부를 사전에 점검하여야 한다.
3. 도통시험기는 소정의 저항치가 나타나는가에 대해 사전에 점검하여야 한다.
4. 약포에 뇌관을 장치할 때에는 반드시 전기뇌관의 저항을 측정하여 소정의 저항치에 대하여 오차가 $\pm 0.1\Omega$ 이내에 있는가를 확인하여야 한다.
5. 발파모선의 배선에 있어서는 점화장소를 발파현장에서 충분히 떨어져 있는 장소로 하고 물기나 철관, 궤도 등이 없는 장소를 택하여야 한다.
6. 점화장소는 발파현장이 잘 보이는 곳이어야 하며, 충분히 떨어져 있는 안전한 장소로 택하여야 한다.
7. 전선은 점화하기 전에 화약류를 충전한 장소로부터 30m이상 떨어진 안전한 장소에서 도통시험 및 저항시험을 하여야 한다.
8. 점화는 충분한 허용량을 갖는 발파기를 사용하고 규정된 스위치를 반드시 사용하여야 한다.
9. 점화는 선임된 발파책임자가 행하고 발파기의 핸들을 점화할 때 이외는 시건장치를 하거나 모선을 분리하여야 하며 발파책임자의 엄중한 관리하에 두어야 한다.
10. 발파후 즉시 발파모선을 발파기로부터 분리하고 그 단부를 절연시킨후 재점화가 되지 않도록 하여야 한다.
11. 발파후 30분이상 경과한 후가 아니면 발파장소에 접근하지 않아야 한다.

제9조(도화선 발파)

사업주는 도화선 발파 작업시 다음 각호의 사항을 준수하도록 하여야 한다.

1. 도화선의 길이는 천공길이 및 연결 점화개수, 대피장소의 거리, 대피시간 등을 고려하여 충분한 길이로 할 것이며 최소한 50cm이상으로 하여야 한다.
2. 도화선의 절단은 도화선용 가위로 직각으로 절단하여야 한다.
3. 뇌관 내부에 도화선을 삽입하고 뇌관을 조여 놓을 때는 반드시 규정된 뇌관 조이개를 사용하고 뇌관의 장악부를 조이지 않도록 하여야 한다.
4. 뇌관을 약포에 달 때에는 약포내에 충분히 삽입하여 약포지로 도화선 둘레를 싸고 뇌

관이 빠지지 않게 끈으로 잘 동여매도록 하며 도화선으로 약포를 묶지 않아야 한다.

5. 점화는 반드시 발파책임자의 지시 및 신호하에 수행하여야 하며 점화의 순서, 대피방법 등을 사전에 검토하고 교육을 실시하여야 한다.
6. 발파책임자는 신호를 확실히 하고 작업원에 대하여 신호방식의 숙지, 지시에 대한 순응상태 등을 확인하여야 한다.

제10조(천공작업)

사업주는 천공작업시 다음 각호의 사항을 준수하도록 하여야 한다.

1. 점보드릴, 레그햄머 등 착암기의 기계적 결함을 사전에 점검하여야 하며 파손, 이완, 성능저하 등의 장비는 교체하여야 한다.
2. 작업대 또는 대차는 구조적으로 안전하여야 하며 차륜, 지지구조, 발판, 사다리, 안전난간대 등의 가시설 구조에 대하여는 안전성을 확인하여야 한다.
3. 천공작업자에게는 안전모, 안전마스크, 보안경, 보안장갑, 귀마개 등의 개인보호구를 지급하여야 하며 안전담당자 및 관리감독자는 이의 착용을 확인하여야 한다.
4. 천공작업전 부석, 절리, 용출수, 누수 등의 상태를 확인하여야 하며 필요시 모암절리방향의 상세도면을 작성하여 그 기록을 정리 보관하여야 한다.
5. 천공작업중 이상 용출수의 다량 발생시 작업을 중지하고 긴급방수대책을 실시하여야 하며 상부 수직시추 및 수평시추를 실시하여 채수대 여부를 확인후 적절한 보강공법 및 공법변경 등의 조치를 취하여야 한다.
6. 설계, 시방기준에 의한 천공위치, 각도, 깊이 등을 준수하고 장약전에 이를 확인하여야 한다.
7. 천공시에는 전발파시 잔류된 불법화약류의 유무를 확인하고 이상발견시 즉시 천공작업을 중단하고 이를 제거한 후 작업하여야 한다.
8. 천공시에는 전번의 발파공을 이용하여서는 안되며 최소이격거리를 유지하여 평행굴착을 하여야 한다.
9. 천공시에는 천공의 지름은 폭약효과 및 폭력기준으로 가능한 한 작은 것이 좋으나 폭약을 장진할 때 무리하게 쭈서 넣으면 위험하므로 폭약 직경보다 1cm 정도 크게하여 여공을 확보하여야 한다.

제11조(장약작업)

사업주는 장약작업시 다음 각호의 사항을 준수하여야 한다.

1. 폭약을 장진할 때는 발파구멍을 잘 청소하며 이 때 공저까지 완전히 청소하여 작은 돌 등을 남기지 않아야 한다.
2. 천공작업이 완료된 후 장약작업을 실시하여야 하며 천공-장약의 동시작업을 하지 않아야 한다.
3. 장약봉은 똑바르고 옹이가 없는 목재 등 부도체로 하고 장진구는 마찰, 정진기 등에 의한 폭발의 위험성이 없는 절연성의 것을 사용하여야 한다.

4. 약포는 1개씩 신중히 장약봉으로 집어놓고 사전에 측정한 폭약의 길이와 천공깊이의 차를 점검하면서 약포간의 빈틈이 없도록 하여야 한다.
5. 포장이 없는 화약이나 폭약을 장진할 때에는 화기의 사용을 금하고 근접한 곳에서 흡연하는 일이 없도록 하여야 한다.
6. 약포를 발파공 내에서 강하게 압착하지 않아야 한다.
7. 장진물에는 종이, 솜 등을 사용하지 않아야 한다.
8. 충진제는 점토, 모래 등을 비벼 사용하고 작은 돌을 사용하지 않아야 하며 처음에는 느슨하게 하고 점차 단단하게 하여 구멍 입구부위까지 채워야 한다.
9. 전기뇌관을 사용할 때에는 전선, 모터 등에 접근하지 않도록 하여야 한다.

제12조(화약류의 운반 및 처리)

사업주는 화약류를 운반 및 처리를 할 때에는 다음 각호의 사항을 준수하여야 한다.

1. 화약류는 관계기관에서 일일수령하여야 하며 사용후 잔량은 반납하여야 한다.
2. 화약류 관리대장을 비치하고 불출 및 반납 상황을 기록유지하여야 한다.
3. 화약류 임시보관소는 화기 및 누전 등에 안전한 장소에 설치하고 시건장치를 하여야 한다.
4. 화약류의 분실 및 손괴에 대한 방호조치를 하여야 한다.
5. 전기뇌관을 운반할 때에는 각선이 노출되지 않도록 절연용기에 분리하여 넣고 건전지 및 노출된 전기기구를 휴대하지 않도록 하여야 한다.
6. 전기뇌관을 운반할 때에는 전력선 등 누전의 우려가 있는 것에 접근하지 않도록 하여야 한다.
7. 화약류를 운반할 때에는 화기나 전력선 등에 접근하지 않도록 주의하여야 하며 넘어지거나 떨어뜨려 충격이 가지 않도록 주의하여야 한다.

제13조(버력처리)

사업주는 버력처리에 있어서 다음 각호의 사항을 준수하여야 한다.

1. 버력처리 장비는 다음 각목의 사항을 고려하여 선정하고 사토장거리, 운행속도 등의 작업계획을 수립한 후 작업하여야 한다.
 - 가. 굴착단면의 크기 및 단위발파 버력의 물량
 - 나. 터널의 경사도
 - 다. 굴착방식
 - 라. 버력의 성상 및 함수비
 - 마. 운반 통로의 노면상태
2. 버력의 적재 및 운반작업시에는 주변의 지보공 및 가시설물 등이 손상되지 않도록 하여야 하며 위험요소에는 운전자가 보기 쉽도록 운행속도, 회전주의, 후진금지 등 안전표지판을 부착하여야 한다.
3. 상기 1, 2호의 계획 및 안전조치를 취한 후 근로자에게 작업안전교육을 실시하여야 한다.

다.

4. 작업장에는 안전담당자를 배치하고 작업자 이외에는 출입을 금지하도록 하여야 한다.
5. 버력의 적재 및 운반기계에는 경광등, 경음기 등 안전장치를 설치하여야 한다.
6. 버력처리에 있어 불발화약류가 혼입되어 있을 경우가 있으므로 확인하여야 한다.
7. 버력운반중 버력이 떨어지는 일이 없도록 무리한 적재를 하지 않아야 한다.
8. 버력운반로는 항상 양호한 노면을 유지하도록 하여야 하며 배수로를 확보해 두어야 한다.
9. 갱내 운반을 궤도에 의하는 경우에는 탈선 등으로 인한 재해를 일으키지 않도록 궤도를 견고하게 부설하고 수시로 점검, 보수하여야 한다.
10. 버력반출용 수직구 아래에는 낙석에 의한 근로자의 재해를 방지하기 위하여 낙석주의, 접근금지 등 안전표지판을 설치하여야 한다.
11. 버력 적재장에서는 붕락, 붕괴의 위험이 있는 뜬돌 등의 유무를 확인하고 이를 제거한 후 작업하도록 하여야 한다.
12. 차량계 운반장비는 작업시간전 다음 각 목의 사항을 점검하고 이상이 발견된 때에는 즉시 보수 기타 필요한 조치를 하여야 한다.
 - 가. 제동장치 및 조절장치 기능의 이상유무
 - 나. 하역장치 및 유압장치 기능의 이상유무
 - 다. 차륜의 이상유무
 - 라. 경광, 경음장치의 이상유무

제14조(기계굴착)

- ①로오드 헤더(Load Header), 쉬일드 머신(Shield Machine), 터널보어링머신(T.B.M)등 굴착기계는 다음 각 호의 사항을 고려하여 선정하고 작업순서등 작업안전계획을 수립한 후 작업하여야 한다.
 1. 터널굴착단면의 크기 및 형상
 2. 지질구성 및 암반의 강도
 3. 작업공간
 4. 용수상태 및 막장의 자립도
 5. 굴진방향에 따른 지질단층의 변화정도
- ②제1항의 수립된 작업안전계획에는 최소한 다음 각호의 사항이 포함되어야 한다.
 1. 굴착기계 및 운반장비 선정
 2. 굴착단면의 굴착순서 및 방법
 3. 굴진작업 1주기의 공정순서 및 굴진단위길이
 4. 버력적재 방법 및 운반경로
 5. 배수 및 환기
 6. 이상 지질 발견시 대처방안
 7. 작업시간전 장비의 점검

8. 안전담당자 선임

- ③사업주는 제1항 및 제2항에서 수립된 작업안전계획에 준하여 작업을 하여야 하며 이를 작업자에게 교육하고 확인하여야 한다.
- ④작업자는 사업주로부터 지시 또는 교육받은 작업내용을 준수하여야 한다.

제15조(연약지반의 굴착)

사업주는 연약지반 굴착시에는 다음 각호의 사항을 준수하여야 한다.

- 1. 막장에 연약지반 발생시 포아폴링, 프리그라우팅 등 지반보강 조치를 한 후 굴착하여야 한다.
- 2. 굴착작업 시작전에 뿔어붙이기 콘크리트를 비상시에 타설할 수 있도록 준비하여야 한다.
- 3. 성능이 좋은 급결재를 항상 준비하여 두어야 한다.
- 4. 철망, 소철선, 마대, 강관 등을 갱내의 찾기 쉬운 곳에 준비하여 두어야 한다.
- 5. 막장에는 항상 작업자를 배치하여야 하며 주.야간 교대시에도 막장에서 교대하도록 하여야 한다.
- 6. 이상용수 발생 또는 막장 자립도에 이상이 있을 때에는 즉시 작업을 중단하고 이에 대한 조치를 한 후 작업하여야 한다.
- 7. 작업장에는 안전담당자를 배치하여야 한다.
- 8. 필요시 수평보오링, 수직보오링을 추가 실시하고 지층단면도를 정확하게 작성하여 굴착계획을 수립하여야 한다.

제 4 장 뿔어붙이기 콘크리트

제16조(작업계획)

- ①사업주는 뿔어붙이기 콘크리트 작업시에는 사전에 작업계획을 수립후 실시하여야 한다.
- ②제1항 작업계획에는 최소한 다음 각호의 사항이 포함되어야 한다.
 - 1. 사용목적 및 투입장비
 - 2. 건식공법, 습식공법 등 공법의 선택
 - 3. 노즐의 분사출력기준
 - 4. 압송거리
 - 5. 분진방지대책
 - 6. 재료의 혼입기준
 - 7. 리바운드 방지대책
 - 8. 작업의 안전수익
- ③사업주는 제1항 및 제2항의 작업계획을 근로자에게 교육시켜야 한다.

제17조(일반사항)

사업주는 뿔어붙이기 콘크리트 작업시 다음 각호의 사항을 준수하여야 한다.

1. 뿔어붙이기 작업전 필히 대상암반면의 절리상태, 부석, 탈락, 붕락 등의 사전 조사를 실시하고 유동성 부석은 완전하게 정리하여야 한다.
2. 뿔어붙이기 작업대상구간에 용수가 있을 경우에는 작업전 누수공 설치, 배수관 매입에 의한 누수유도 등 적절한 배수처리를 하거나 급결 성모르타르 등으로 지수하여 접촉면의 누수에 의한 수막분리현상을 방지하여야 한다.
3. 뿔어붙이기 콘크리트의 압축강도는 24시간 이내에 $100\text{kgf}/\text{cm}^2$ 이상, 28일 강도 $200\text{kgf}/\text{cm}^2$ 이상을 유지하여야 한다.
4. 철망 고정용 앵커는 10m^2 당 2본을 표준으로 한다.
5. 철망은 철선굵기 $\Phi 3\text{mm}\sim 6\text{mm}$ 눈금간격 사방 100mm 의 것을 사용하여야 하며, 이음부 위는 20cm 이상 겹치도록 하여야 한다.
6. 철망은 원지반으로부터 1.0cm 이상 이격거리를 유지하여야 한다.
7. 지반의 이완변형을 최소한으로 하기 위하여 굴착후 최단시간내에 뿔어붙이기 콘크리트 작업을 신속하게 시행하여야 한다.
8. 기계의 고장 등으로 작업이 중단되지 않도록 기계의 점검 및 유지 보수를 실시하여야 한다.
9. 작업전 근로자에게 분진마스크, 귀마개, 보안경 등 개인보호구를 지급하고 착용여부를 확인 후 작업하여야 한다.
10. 뿔어붙이기 콘크리트 노즐분사압력은 $2\sim 3\text{kgf}/\text{cm}^2$ 를 표준으로 한다.
11. 물의 압력은 압축공기의 압력보다 $1\text{kgf}/\text{cm}^2$ 높게 유지하여야 한다.
12. 지반 및 암반의 상태에 따라 뿔어붙이기 콘크리트의 최소두께는 다음 각목의 기준 이상이어야 한다.
 - 가. 약간 취약한 암반 : 2cm
 - 나. 약간 파괴되기 쉬운 암반 : 3cm
 - 다. 파괴되기 쉬운 암반 : 5cm
 - 라. 매우 파괴되기 쉬운 암반 : 7cm (철망병용)
 - 마. 팽창성의 암반 : 15cm (강재 지보공과 철망병용)
13. 뿔어붙이기 콘크리트 작업시에는 부근의 건조물 등의 오손을 방지하기 위하여 작업전 경계부위에 필요한 방호조치를 하여야 한다.
14. 접촉불량, 혼합비율불량 등 불량한 뿔어올리기 콘크리트가 발견되었을 시 신속히 양호한 뿔어붙이기 콘크리트로 대체하여 콘크리트 덩어리의 분리 낙하로 인한 재해를 예방하여야 한다.

제 5 장 강아아치 지보공

제18조(일반사항)

강아아치 지보공 설치시에는 다음 각호의 사항을 준수하여야 한다.

1. 강아아치 지보공을 조립할 때에는 설계, 시방에 부합하는 조립도를 작성하고 당해 조립도에 따라 조립하여야 하며 재질기준, 설치간격, 접합볼트 체결 등의 기준을 준수하여야 한다.
2. 강아아치 지보공 조립시에는 부재운반, 부재전도, 협착 등 안전조치를 취한 후 조립작업을 하여야 한다.
3. 설계조건외 암반보다 구조적으로 불리한 경우에는 강아아치 지보공의 간격을 적절한 기준으로 축소하여야 한다.

제19조(시공)

강아아치 지보공 시공시에는 다음 각호의 사항을 준수하여야 한다.

1. 강아아치 지보공은 발파굴착면의 절리발달, 편암붕락 등 원지반에 불리한 파괴응력이 발생하기전 가능한 한 신속히 설치하여야 한다.
2. 강아아치 지보공은 정해진 위치에 정확히 설치하여야 하며 건립후 그의 위치중심, 고저차에 대하여 수시로 점검하여야 한다.
3. 강아아치 지보공의 설치에 있어서는 지질 및 지층의 특성에 따라 침하발생이 우려될 경우 췌기, 앵커 등의 고정조치를 강구하여야 한다.
4. 강아아치 지보공의 상호연결볼트 및 연결재는 충분히 조여야 하며 용접을 금하고 덧댐판으로 볼트-너트 구조의 집합을 실시하여야 한다.
5. 강아아치 지보공의 받침은 목재받침을 금하고 철근류 및 양질의 콘크리트 블럭 등으로 고정하여야 한다.
6. 강아아치 지보공에 변형, 부재이완, 설치간격불량 등의 이상이 있다고 인정되는 경우에는 즉시 안전하고 확실한 방법으로 보강을 하여야 한다.
7. 프리그라우팅 및 포아폴링 등의 보강작업시 사용되는 붕, 파이프 등에 의하여 강아아치 지보공이 이동하거나 뒤틀리는 것을 막아야 하며, 이 경우 설치오차는 수평거리 10cm이내로 하여야 한다.
8. 예상치 못했던 막장의 구조적 불안정 등과 같은 비상사태에 대비하여 충분한 양의 비상용 통나무와 췌기목, 급결제, 시멘트 등을 준비해 두어야 한다.

제 6 장 록 볼트

제20조(일반사항)

록 볼트 설치작업에 있어 작업전, 작업중 다음 각호의 사항을 준수하여야 한다.

1. 록 볼트공 작업에 있어서는 작업전 다음 각목의 사항을 검토하여 실시하여야 한다.
 - 가. 지반의 강도
 - 나. 절리의 간격 및 방향
 - 다. 균열의 상태
 - 라. 용수상황

- 마. 천공직경이 확대유무 및 정도
 - 바. 보아홀의 거리정도 및 자립여부
 - 사. 뿔어올리기 콘크리트 타설방향
 - 아. 시공관리의 용이성
 - 자. 정착의 확실성
 - 차. 경제성
2. 록 볼트 설치작업의 분류기준은 선단정착형, 전면접착형, 병용형을 기준으로 하며 작업전 설계, 시방에 준하는 적정한 방식여부를 확인하여야 한다.
 3. 록 볼트 선정에 있어서는 2, 3종류의 록 볼트를 선정하여 현장부근의 조건이 동일한 장소에서 시험시공, 인발시험 등을 시행하여 록 볼트 강도를 사전확인함으로써 가장 적합한 종류의 록 볼트를 선정할 수 있다.
 4. 록 볼트 재질선정에 있어서는 암반조건, 설계시방 등을 고려하여 선정하여야 하며, 록 볼트의 직경은 25mm를 원칙으로 하여야 한다.
 5. 록 볼트 접착재 선정에 있어서는 조기 접착력이 크고, 취급이 간단하여야 하며 내구성이 양호한 조건의 것을 선정하여야 한다.
 6. 록 볼트 삽입간격 및 길이의 기준은 다음 각목의 사항을 고려하여 결정하여야 한다.
 - 가. 원지반의 강도와 암반특성
 - 나. 절리의 간격 및 방향
 - 다. 터널의 단면규격
 - 라. 사용목적

제21조(시공)

록 볼트 시공에 있어서는 다음 각호의 사항을 준수하여야 한다.

1. 록 볼트 천공작업은 소정의 위치, 천공직경 및 천공깊이의 적정성을 확인하고 굴착면에 직각으로 천공하여야 하며, 볼트 삽입전에 유해한 녹.석분 등 이물질이 남지 않도록 청소하여야 한다.
2. 록 볼트의 조이기는 삽입후 즉시 록 볼트의 항복강도를 넘지 않는 범위에서 충분한 힘으로 조여야 한다.
3. 록 볼트의 다시 조이기는 시공후 1일정도 경과한 후 실시하여야 하며, 그 후에도 정기적으로 점검하여, 소정의 긴장력이 도입되어 있는지를 확인하고, 이완되어 있는 경우에는 다시 조이기를 하여야 한다.
4. 모든 형태의 지지판은 지반의 변형을 구속하는 효과를 발휘하고, 지반의 붕락방지를 위하여 암석이나 뿔어붙이기 콘크리트 표면에 완전히 밀착되도록 하여야 한다.
5. 록 볼트는 뿔어붙이기 콘크리트의 경과후 가능한 한 빠른 시기에 시공하여야 한다.
6. 록 볼트의 천공에 따라 용수가 발생한 경우에는 단위면적기준 중앙집수유도방식 및 각 공별 차수방식 등에 의하여 용출수 유도 및 차수를 실시하여야 한다.
7. 경사방향 록 볼트의 시공에 있어서는 소정의 각도를 준수하여야 하며, 낙석으로 인한

근로자의 안전조치를 선행한 후에 시행하여야 한다.

8. 록 볼트 작업의 표준시공방식으로서 시스템 볼팅을 실시하여야 하며 인발시험, 내공변위측정, 천단침하측정, 지중변위측정 등의 계측결과로부터 다음 각 목에 해당될 때에는 록 볼트의 추가시공을 하여야 한다.
 - 가. 터널벽면의 변형이 록 볼트 길이의 약 60%이상으로 판단되는 경우
 - 나. 록 볼트의 인발시험결과로부터 충분한 인발내력이 얻어지지 않는 경우
 - 다. 록 볼트 길이의 반 이상으로부터 지반 심부까지의 사이에 축력분포의 최대치가 존재하는 경우
 - 라. 소성영역의 확대가 록 볼트 길이를 초과한 것으로 판단되는 경우
9. 암반상태, 지질의 상황과 계측결과에 따라 필요한 경우에는 록볼트의 증타 등 보완조치를 신속하게 실시하여야 한다.
10. 록 볼트 시공시 천공장의 규격에 따라 싱커, 크롤라드릴 등 천공기를 선별하여야 하며 사용하기 전 드릴의 마모, 동력전달상태 등 장비의 점검 및 유지보수를 실시하여야 한다.
11. 록 볼트의 삽입장비는 지방규격의 회전속도(r.p.m)를 확인하고 에어오우거 등 표준모델의 장비를 사용하여야 한다.
12. 록 볼트는 시공후 정기적으로 인발시험을 실시하고 축력변화에 대한 기록을 정확히 하여 암반거동의 기록을 분석하여야 한다.
13. 록 볼트 작업은 천공 전 볼트 삽입 작업시 근로자의 안전을 위하여 개인보호구를 착용하여야 하며 관리감독자 및 안전담당자는 이를 확인하여야 한다.

제 7 장 콘크리트 라이닝 및 거푸집

제22조(콘크리트 라이닝)

콘크리트 라이닝을 시공함에 있어서는 시공전, 시공중 다음 각호의 사항을 사전 검토하여야 한다.

1. 콘크리트 라이닝 공법 선정시 다음 각목의 사항을 검토하여 시공방식을 선정하여야 한다.
 - 가. 지질, 암질상태
 - 나. 단면형성
 - 다. 라이닝의 작업능률
 - 라. 굴착공법
2. 굴착공법에 따른 라이닝공법의 선정은 다음 <표3>을 준용한다.

표 3. 굴착공법에 따른 라이닝 공법

라 이 닝 공 법	굴 착 공 법
측별선행 공법	전단면 공법 측벽도개선헌진 상부반단면 공법
아아치선행 공법	상부반단면 선진공법 시설도개선헌진 상부반단면 공법

3. 라이닝 콘크리트 배면과 뿔어붙인 콘크리트면 사이의 공극이 생기지 않도록 하여야 한다.
4. 콘크리트 재료의 혼합후 타설 완료때까지의 소요시간은 다음 각호를 기준으로 하여야 한다.
 - 가. 온난건조시 1시간 이내
 - 나. 저온.습윤시 2시간 이내
5. 콘크리트 운반중 재료의 분리, 손실, 이물의 혼입이 발생하지 않는 방법으로 운반하여야 한다.
6. 콘크리트 타설표면은 이물질이 없도록 사전에 제거하여야 한다.
7. 1구간의 콘크리트는 연속해서 타설하여야 하며, 좌우대칭으로 같은 높이로 하여 거푸집에 편압이 작용하지 않도록 하여야 한다.
8. 타설슈우트, 벨트컨베이어 등을 사용하는 경우에는 충격, 휘말림 등에 대하여 충분한 주의를 하여야 한다.
9. 굳지 않는 콘크리트의 처짐 및 침하로 인하여 터널천정 부분에 공극이 생기는 위험을 방지하기 위하여 콘크리트가 경화된 후 시방에 의한 접착 그라우팅을 천정부에 시행하여야 한다.

제23조(거푸집구조의 확인)

거푸집은 콘크리트의 타설 속도 등을 고려하여 타설된 콘크리트의 압력에 충분히 견디는 구조이어야 하며 다음 각호의 사항을 준수하여야 한다.

1. 이동식 거푸집에 있어서는 다음 각목의 사항을 준수하여야 한다.
 - 가. 이동식 거푸집 제작시에는 근로자의 작업에 지장을 초래하지 않도록 작업공간을 확보할 수 있는 구조이어야 한다.
 - 나. 이동식 거푸집에 있어서는 볼트, 너트 등으로 이완되지 않도록 견고하게 고정하여야 하며, 휨, 비틀림, 전단 등의 응력 발생에 대하여 점검하여야 한다.
 - 다. 거푸집 이동용 궤도는 침하방지를 위하여 지반의 다짐, 편평도를 사전에 점검하고 침목설치상태, 레일의 간격 등을 사전점검하여야 한다.

- 라. 이동식 거푸집의 경우 설치 후 장시간 방치시 사용된 재크류의 나선파손, 유압실린더, 플레이트 등의 파손 및 이완 유무를 재확인하여야 하며 교체, 보완, 보강 등의 조치를 하여야 한다.
 - 마. 콘크리트 타설하중 및 타설충격에 의한 거푸집 변위 및 이동방지의 목적으로 가설 앵커, 썸기 등의 설치를 하여야 한다.
2. 조립식 거푸집에 있어서는 다음 각목의 사항을 준수하여야 한다.
- 가. 조립식 거푸집 제작사양 조립도의 조립순서를 준수하여야 하며 해체시의 순서는 조립순서의 역순을 원칙으로 한다.
 - 나. 조립식 거푸집을 해체할 때에는 순서에 의해 부재를 정리정돈하고 부착 콘크리트, 유해물질 등을 제거하고 헹지, 재크등의 활절작동 구간은 윤활유 등으로 주입하여야 한다.
 - 다. 조립과 해체의 반복작업에 의한 볼트, 너트의 손상률을 사전에 검토하고 충분한 여분을 준비하여야 한다.
 - 라. 라이닝플레이트 등의 절단, 변형, 부재탈락시 용접 접합을 금하며 필요시 동일 재질의 부재로 교체하여야 한다.
 - 마. 벽체 및 천정부 작업시 작업대 설치를 요하며 사다리, 안전난간대, 안전대부착설비, 이동용바퀴 및 정지장치 등을 설치하여야 한다.

제24조(시공)

거푸집을 조립할 때 다음 각호의 사항을 준수하여야 한다.

1. 거푸집 조립작업의 시행전 다음 각목의 사항을 고려하여 타설목적에 적당한 규격 여부를 확인하여야 한다.
 - 가. 콘크리트의 1회 타설량
 - 나. 타설길이
 - 다. 타설속도
2. 거푸집의 측면판은 콘크리트의 타설측압 및 압축력에 충분히 견디는 구조로 하여야 하며 모르타르가 새어나가지 않도록 원자반에 밀착, 고정시켜야 한다.
3. 거푸집은 타설된 콘크리트가 필요한 강도에 달할 때까지 거푸집을 제거하지 않아야 하며 시방의 양생기준을 준수하여야 한다.
4. 거푸집을 조립할 때에는 철근의 앵커구조, 피복규격 등을 확인하고 철근의 변위, 이동방지용 썸기 설치 상태를 확인하여야 한다.

제 8 장 계 측

제25조(계측의 목적)

터널계측은 굴착지반의 거동, 지보공 부재의 변위, 응력의 변화등에 대한 정밀 측정을 실시함으로써 시공의 안전성을 사전에 확보하고 설계시의 조사치와 비교분석하여 현장조건

에 적정하도록 수정, 보완하는데 그 목적이 있으며 다음 각호를 기준으로 한다.

1. 터널내 육안조사
2. 내공변위 측정
3. 천단침하 측정
4. 록 볼트 인발시험
5. 지표면 침하측정
6. 지중변위 측정
7. 지중침하 측정
8. 지중수평변위 측정
9. 지하수위 측정
10. 록 볼트 축력측정
11. 뿔어붙이기 콘크리트 응력측정
12. 주변 구조물의 변형상태 조사

제26조(계측관리)

①사업주는 터널작업시 사전에 계측계획을 수립하고 그 계획에 따른 계측을 하여야 한다.

②제1항의 계측 계획에는 다음 각호의 사항이 포함되어야 한다.

1. 측정위치 개소 및 측정의 기능 분류
2. 계측시 소요장비
3. 계측빈도
4. 계측결과 분석방법
5. 변위 허용치 기준
6. 이상 변위시 조치 및 보강대책
7. 계측 전담반 운영계획
8. 계측관리 기록분석 계통기준 수립

③사업주는 계측결과를 설계 및 시공에 반영하여 공사의 안정성을 도모할 수 있도록 측정 기준을 명확히 하여야 한다.

④계측관리의 구분은 일상계측과 대표계측으로 하며 계측빈도 기준은 측정 특성별로 별도 수립하여야 한다.

제27조(계측결과 기록)

사업주는 계측결과를 시공관리 및 장래계획에 반영할 수 있도록 그 기록을 보존하여야 한다.

제28조(계측기의 관리)

사업주는 계측의 인적 및 기계적 오차를 최소화하기 위하여 다음 각호의 사항을 준수하여야 한다.

1. 계측시행에 있어 전문교육을 받은 계측 전담원을 지정하여 지정된 자만이 계측할 수 있도록 하여야 한다.
2. 설치된 계측기 및 센서 등의 정밀기기는 관계자 이외의 취급을 금지하여야 한다.
3. 계측기록의 결과를 분석후 시공중 조치사항에 대하여는 충분한 기술자료 및 표준지침에 의거하여야 한다.

제 9 장 배수 및 방수

제29조(배수 및 방수계획의 작성)

- ①사업주는 터널내의 누수로 인한 붕괴위험 및 근로자의 작업안전을 위하여 제3조 또는 제4조의 조사를 근거로 하여 배수 및 방수계획을 수립한 후 그 계획에 의하여 안전조치를 하여야 한다.
- ②제1항의 시공계획에는 다음 각호의 사항이 포함되어야 한다.
 1. 지하수위 및 투수계수에 의한 예상 누수량 산출
 2. 배수펌프 소요대수 및 용량
 3. 배수방식의 선정 및 집수구 설치방식
 4. 터널내부 누수개소 조사 및 점검 담당자 선임
 5. 누수량 집수유도 계획 또는 방수계획
 6. 굴착상부지반의 채수대 조사

제30조(누수에 의한 위험방지)

- 사업주는 누수에 의한 주변구조물 침하 또는 터널붕괴로 인한 근로자의 피해를 방지하기 위하여 다음 각호의 사항을 준수하여야 한다.
1. 터널내의 누수개소, 누수량 측정 등의 목적으로 담당자를 선임하여야 한다.
 2. 누수개소를 발견할 시에는 토사 유출로 인한 상부지반의 공극발생 여부를 확인하여야 하며 규정된 용량의 용기에 의한 분당 누출 누수량을 측정하여야 한다.
 3. 뿜어붙이기 콘크리트 부위에 토사유출의 용수 발생시 즉시 작업을 중단하고 지중침하, 지표면 침하 등의 계측 결과를 확인하고 정밀지반 조사후 급결그라우팅 등의 조치를 취하여야 한다.
 4. 누수 및 용출수 처리에 있어서는 다음 각목의 사항을 확인후 집수유도로 설치 또는 방수의 조치를 하여야 한다.
 - 가. 누수에 토사의 혼입정도 여부
 - 나. 제3조 및 제4조의 조사를 근거로 배면 또는 상부지층의 지하수위 및 지질상태다. 누수를 위한 배수로 설치시 탈수 또는 토사유출로 인한 붕괴 위험성 검토
 - 라. 방수로 인한 지수처리시 배면 과다 수압에 의한 붕괴의 임계한도
 - 마. 용출수량의 단위시간 변화 및 증가량
 5. 상기 각호의 사항을 확인후 이에 대한 적절한 조치를 하여야 한다.

제31조(아아치 접합부 배수유도)

사업주는 터널구조상 2중 아아치, 3중 아아치의 구조에 있어서 시공중 가설배수로 유도는 아아치 접합부 상단에 임시배수 관로 등을 설치하여 배수 안전조치를 취하여야 한다.

제32조(배수로)

사업주는 제29조에 의한 계획에 따라 배수로를 설치하고 지반의 안정조건, 근로자의 양호한 작업조건을 유지하여야 한다.

제33조(지반보강)

사업주는 누수에 의한 붕괴위험이 있는 개소에는 약액주입공법 등 지반보강 조치를 하여야 하며 정밀지층조사, 채수대 여부, 투수성판단 등의 조치를 사전에 실시하여야 한다.

제34조(감전위험방지)

- ①사업주는 수중배수 펌프 설치시에는 근로자의 감전재해를 방지하기 위하여 펌프 외함에 접지를 하여야 하며 수시로 누전상태 등의 확인을 하여야 한다.
- ②사업주는 터널내 각종 전선가설의 안전기준을 확인하여야 하며 근로자가 접촉되지 않도록 충분한 높이의 측면에 가설하여 수준 배선이 되지 않도록 하여야 한다.
- ③갱내 조명등, 수중펌프, 용접기 등에는 반드시 누전차단기 회로와 연결되어야 하며 표준방식의 접지를 실시하여야 한다.

제 10 장 조명 및 환기

제35조(조명)

사업주는 막장의 균열 및 지질상태 터널벽면의 요철정도, 부식의 유무,누수상황 등을 확인할 수 있도록 충분한 조명시설을 하여야 한다.

제36조(조명시설의 기준)

사업주는 근로자의 안전을 위하여 터널작업면에 대한 조명장치 및 설비를 확인하여야 하며 조도의 기준은 다음 <표4>를 준용한다.

표 4. 작업면에 대한 조도 기준

작업구분	기준

막장구간	60 LUX 이상
터널 중간 구간	50 LUX 이상
터널 입출구, 수직구 구간	30 LUX 이상

제37조(채광 및 조명)

사업주는 채광 및 조명에 대해서는 명암의 대조가 심하지 않고 또한 눈부심을 발생시키지 않는 방법으로 설치하여야 하며 막장점검, 누수점검, 부식 및 변형 등의 점검을 확실하게 시행할 수 있도록 적절한 조도를 유지하여야 한다.

제38조(조명시설의 정기점검)

사업주는 조명설비에 대하여 정기 및 수시 점검 계획을 수립하고 단선, 단락, 파손, 누전 등에 대하여는 즉시 조치하여야 한다.

제39조(환기)

사업주는 근로자의 보건위생을 위하여 환기시설을 하고 다음 각호의 사항을 준수하여야 한다.

1. 터널 전지역에 항상 신선한 공기를 공급할 수 있는 충분한 용량의 환기설비를 설치하여야 하며 환기용량의 산출은 다음 각목을 기준으로 한다.
 - 가. 발파후 가스 단위 배출량을 산출하고 이의 소요환기량
 - 나. 근로자의 호흡에 필요한 소요환기량
 - 다. 디젤기관의 유해가스에 대한 소요환기량
 - 라. 뿜어붙이기 콘크리트의 분진에 대한 소요환기량
 - 마.암반 및 지반자체의 유독가스 발생량
2. 발파후 유해가스, 분진 및 내연기관의 배기가스 등을 신속히 환기시켜야 하며 발파후 30분 이내 배기, 송기가 완료되도록 하여야 한다.
3. 환기가스처리장치가 없는 디젤기관은 터널 내의 투입을 금하여야 한다.
4. 터널 내의 기온은 37℃이하가 되도록 신선한 공기로 환기시켜야 하며 근로자의 작업조건에 유해하지 아니한 상태를 유지하여야 한다.
5. 소요환기량에 충분한 용량의 설비를 하여야 하며 중앙집중환기방식, 단열식 송풍방식, 병렬식 송풍방식 등의 기준에 의하여 적정한 계획을 수립하여야 한다.

제40조(환기설비의 정기점검)

사업주는 환기설비에 대하여 정기점검을 실시하고 파손, 파괴 및 용량부족시 보수 또는 교체하여야 한다.

①(시행일) 이 고시는 고시일로부터 시행한다.